

Verfahren und Vorrichtung zum Umformen eines Werkstücks mit anschließendem Anheben des Werkstücks

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Umformen
5 eines Werkstücks.

Zum industriellen Schmieden von Werkstücken sind schlagende Umformmaschinen wie Hämmer und Spindelpressen, insbesondere Schwungrad-Spindelpressen, bekannt. Schlagende Umformmaschinen umfassen einen Arbeitsbereich, in dem zwei Werkzeuge, im Allgemeinen geradlinig, relativ zueinander bewegbar sind. Das Werkstück wird zwischen den beiden Werkzeugen angeordnet und dann durch die Schlagkraft oder Stoßenergie beim Auftreffen der Werkzeuge auf dem Werkstück und die dadurch bewirkte Umformenergie umgeformt.

15 Gemäß VDI-Lexikon „Produktionstechnik Verfahrenstechnik“, Herausgeber Prof. Dr. Hiersig, VDI-Verlag, 1995, Seiten 1107 bis 1113 unterteilt man Schmiedehämmer in Schabottehämmer, diese wiederum unterteilt in Fallhämmer und Oberdruckhämmer, und Gegenschlaghämmer. Ein Schabottehammer umfasst
20 eine Schabotte (oder: einen Träger, einen Amboss) als relativ zum Werkstück feststehendes Werkzeug und einen Schlagbären oder kurz Bären als relativ zum Werkstück und zur Schabotte, in der Regel vertikal, bewegtes Werkzeug. Ein Gegenschlaghammer weist zwei gegeneinander und jeweils relativ zum Boden oder zum Hammergestell, vertikal oder auch waagrecht, bewegte
25 Schlagbären auf. Die Antriebe für die Bären von Schmiedehämmern sind im Allgemeinen hydraulisch oder pneumatisch. Bei dem eigentlichen Umform- oder Arbeitsvorgang sind das Hammergestell sowie die Hammerantriebe eines Schmiedehammers von der Umformkraft entlastet, so dass Schmiedehämmer nicht überlastbar sind. Bei Spindelpressen heißt das bewegte Werkzeug meist Stößel. Der Stößel wird zu dem ortsfesten Werkzeug durch eine
30 Spindel geradlinig bewegt. Der Antrieb der Spindel und damit des Stößels erfolgt über einen Antriebsmotor und/oder ein Schwungrad als Energiespeicher. Vor dem Auftreffen auf das auf dem ortsfesten Werkzeug befindliche Werkstück wird die Spindel oder der Stößel von dem Antrieb entkoppelt und

die dem Stößel mitgegebene kinetische Energie wird (teilweise) in Umformenergie umgewandelt (*VDI-Lexikon a.a.O.*)

Es ist gemäß *VDI-Lexikon „Produktionstechnik Verfahrenstechnik“*, Herausgeber Prof. Dr. Hiersig, *VDI-Verlag*, 1995, Seiten 848 und 849 sowie 1214, bekannt, zur automatisierten Handhabung von Werkstücken beim Pressen oder Schmieden Handhabungsgeräte wie Manipulatoren und Industrieroboter einzusetzen, die Greifer zum Ergreifen und vorübergehenden Halten der Werkstücke aufweisen und die Werkstücke in die Schmiedemaschine einlegen oder aus dieser entnehmen. Manipulatoren sind manuell gesteuerte Bewegungseinrichtungen mit in der Regel konkreten prozessspezifischen Steuerungen oder Programmierungen. Industrieroboter sind universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit einer hinreichenden Anzahl von Bewegungsfreiheitsgraden, realisiert durch eine entsprechende Zahl (5 bis 6) von Bewegungsachsen, und einer frei programmierbaren Steuerung zur Realisierung praktisch beliebiger Bewegungstrajektorien des Werkstücks innerhalb des vom Industrieroboter abfahrbaren oder erreichbaren Raumgebietes.

Ein Problem beim Einsatz solcher Handhabungsgeräte stellen die hohen Schlagkräfte bei einer schlagenden Umformmaschine dar, die das Handhabungsgerät beim Umformschlag erheblich belasten und beschädigen können, wenn das Handhabungsgerät beim Schlag des Bären oder Stößels das Werkstück hält. Zur Lösung dieses Problems sind in *DE 42 20 796 A1* und *DE 100 60 709 A1* Handhabungsgeräte vorgeschlagen worden, die während des Schlages nachgiebig gestellt werden können zur Dämpfung der vom Werkstück übertragenen Schlagstöße und -vibrationen zum Antrieb hin und die bei dem Transport des Werkstücks starr gestellt werden.

In der Praxis hat sich eine Automatisierung der Handhabung von Werkstücken bei Schmiedeprozessen mit schlagenden Umformmaschinen noch nicht entscheidend durchsetzen können. Vielmehr wird in der Praxis das Werkstück immer noch von einem Menschen manuell mit einem Greifwerkzeug in den Schmiedehammer gehalten, da entsprechend ausgebildete Menschen die richtige Handhabung des Werkstücks beim Auftreffen des Bären mit dem Schlagwerkzeug beherrschen. Nach dem Umsteuern des Bären hebt der Mensch das Werkstück an und legt es vor dem erneuten Auftreffen des Bären

ren beim nächsten Hub wieder in das Werkzeug oder gleich in einer Ablageeinrichtung ab.

5 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Umformen eines Werkstücks anzugeben, bei denen das Abheben des Werkstücks vom Werkzeug nach einem Umformvorgang automatisiert ist.

10 Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 und eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 31.

Das Verfahren gemäß Anspruch 1 ist zum Umformen, insbesondere Schmieden, wenigstens eines Werkstücks geeignet und bestimmt und umfasst die
15 folgenden Verfahrensschritte:

- a) Positionieren des Werkstücks in eine Umformlage auf einem ersten von wenigstens zwei Werkzeugen der Umformmaschine (Positionierschritt),
- b) Bewegung der Werkzeuge der Umformmaschine relativ aufeinander
20 zu,
- c) Umformen des Werkstücks zwischen den Werkzeugen, insbesondere in seiner Umformlage auf dem ersten Werkzeug (Umformschritt),
- d) anschließende Bewegung der Werkzeuge relativ voneinander weg,
- e) Erfassen oder Bestimmen eines Auslösezeitpunktes, zu dem, vorzugsweise während der Relativbewegung der Werkzeuge aufeinander zu,
25 die Relativposition der Werkzeuge eine vorgegebene oder vorgebbare Referenzposition einnimmt oder erreicht hat,
- f) Bestimmen oder Auswählen eines Abhebezeitpunktes in Abhängigkeit oder als Funktion des Auslösezeitpunktes,
- 30 g) Abheben (oder: Einleiten oder Starten) einer Abhebebewegung des Werkstücks von dem ersten Werkzeug durch wenigstens ein Handhabungsgerät zu dem Abhebezeitpunkt.

Die Vorrichtung gemäß Anspruch 31 ist zum Umformen, insbesondere
35 Schmieden, wenigstens eines Werkstücks und insbesondere zur Verwendung

in einem Verfahren gemäß der Erfindung oder zur Durchführung eines Verfahrens gemäß der Erfindung geeignet und bestimmt und umfasst

- a) wenigstens eine Umformmaschine mit wenigstens zwei relativ aufeinander zu und voneinander weg bewegbaren Werkzeugen zum Umformen eines auf einem ersten der Werkzeuge in einer vorgegebenen oder vorgebbaren Umformlage positionierten oder positionierbaren Werkstücks zwischen den Werkzeugen,
- b) wenigstens eine Einrichtung zum Erfassen eines Auslösezeitpunktes, zu dem, vorzugsweise während der Relativbewegung der Werkzeuge aufeinander zu, die Relativposition der Werkzeuge eine vorgegebene oder vorgebbare Referenzposition einnimmt oder erreicht hat,
- c) wenigstens ein Handhabungsgerät zum Handhaben des Werkstücks,
- d) wenigstens eine Kontrolleinrichtung zum Steuern oder Regeln der Bewegungen und Positionen des oder der Handhabungsgeräte(s),
- e) wobei die Kontrolleinrichtung abhängig von dem Auslösezeitpunkt einen Abhebezeitpunkt bestimmt und das wenigstens eine Handhabungsgerät so ansteuert, dass das wenigstens eine Handhabungsgerät das Werkstück zu dem Abhebezeitpunkt von dem ersten Werkzeug abzuheben beginnt.

20

Die Bewegung der Werkzeuge beim Schlagen der Umformmaschine relativ aufeinander zu beinhaltet natürlich sowohl den Fall, dass sich nur eines (das erste) der beiden Werkzeuge relativ zum Erdboden oder Maschinengestell oder einem anderen externen Bezugssystem bewegt und das andere (das zweite) Werkzeug zu diesem externen System ortsfest bleibt, beispielsweise bei einem Oberdruckhammer oder einem Fallhammer oder einer Spindel-

25 bei einem Oberdruckhammer oder einem Fallhammer oder einer Spindel-

30 presse, als auch den Fall, dass sich beide Werkzeuge relativ zum externen Bezugssystem bewegen, beispielsweise bei einem Gegenschlaghammer. Die Umformlage des Werkstücks bezieht sich auf dessen absolute und einstellbare geometrische Lage im Raum bezüglich eines externen Koordinatensystems. Automatisch bedeutet, dass zumindest beim Abheben selbst kein menschliches Eingreifen oder Festhalten des Werkstücks mehr erforderlich ist, sondern dies automatisiert durch die Handhabungsgeräte (oder: Bewegungsautomaten), im Allgemeinen unter Kontrolle einer Kontrolleinrichtung,

35 erfolgt.

Die Erfindung beruht auf der Überlegung, dass das wenigstens eine Handhabungsgerät das Werkstück erst dann von dem ersten Werkzeug abhebt, wenn die Werkzeuge eine vorgegebene oder vorgebbare Position, hier Referenzposition genannt, erreicht haben. Dies erlaubt insbesondere eine genaue Steuerung des Handhabungsgerätes derart, dass das Werkstück zum Abhebezeitpunkt zwischen den Werkzeugen bereits vollständig umgeformt wurde, also der Abhebezeitpunkt nach dem Umformzeitpunkt, zu dem die Umformung des Werkstück zwischen den Werkzeugen abgeschlossen ist, liegt, und/oder dass die Werkzeuge sich (wieder) relativ voneinander weg bewegen, also der Abhebezeitpunkt nach dem Umkehrzeitpunkt der Werkzeuge, zu dem sich die Richtung der Relativbewegung der Werkzeuge zueinander umkehrt, liegt. Ein besonderer Vorteil der Steuerung des Handhabungsgeräts in Abhängigkeit von der Werkzeugposition gemäß der Erfindung besteht darin, dass der Abhebezeitpunkt sehr nahe an den Umformzeitpunkt oder Umkehrzeitpunkt gelegt werden kann, wodurch Werkzeugberührzeiten und/oder Taktzeiten verkürzt werden können.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Verfahrens und der Vorrichtung zum Umformen eines Werkstücks gemäß der Erfindung ergeben sich aus den vom Anspruch 1 bzw. Anspruch 31 jeweils abhängigen Ansprüchen.

Der Abhebezeitpunkt für das wenigstens eine Handhabungsgerät liegt in einer ersten vorteilhaften Ausführungsform um eine vorgegebene oder vorgebbare Zeitdifferenz nach dem Umformzeitpunkt oder nach dem Umkehrzeitpunkt. Diese Zeitdifferenz zwischen Abhebezeitpunkt und Umformzeitpunkt bzw. Umkehrzeitpunkt beträgt im Allgemeinen zwischen 0 ms und maximal 300 ms und/oder maximal $3/4$ der Zeit für die Auseinanderbewegung der Werkzeuge, insbesondere zwischen 0 ms und maximal 100 ms und/oder maximal $1/4$ der Zeit für die Auseinanderbewegung der Werkzeuge und vorzugsweise zwischen 0 ms und maximal 50 ms und/oder maximal $1/8$ der Zeit für die Auseinanderbewegung der Werkzeuge, und/oder ist abhängig von einer vorgegebenen Werkzeugberührzeit.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist wenigstens eine Kontrolleinrichtung vorgesehen ist, die Bewegungen des wenigstens einen Handhabungsge-

rätes steuert und die abhängig von dem Auslösezeitpunkt den Abhebezeitpunkt ermittelt sowie zu dem ermittelten Abhebezeitpunkt eine Abhebebewegung oder Abheberoutine des Handhabungsgerätes einleitet.

- 5 Die Kontrolleinrichtung sendet insbesondere zu einem Startzeitpunkt ein Startsignal an das wenigstens eine Handhabungsgerät und das wenigstens eine Handhabungsgerät startet nach Erhalt dieses Startsignals eine Abhebebewegung und hebt das Werkstück zu dem Abhebezeitpunkt ab. In dieser Ausführungsform verfügt das Handhabungsgerät also in gewissem Maße
10 selbst über Möglichkeiten zur Signalverarbeitung und die Ansteuerung geschieht über Signale.

- Im Allgemeinen ist wenigstens eine Positionserfassungseinrichtung vorgesehen, die zu dem Auslösezeitpunkt, wenn die Relativposition der Werkzeuge
15 die Referenzposition erreicht, ein Auslösesignal an die Kontrolleinrichtung sendet, und bei dem die Kontrolleinrichtung abhängig vom Eingangszeitpunkt des Auslösesignals den Abhebezeitpunkt ermittelt.

- Die Positionserfassungseinrichtung kann einen der Referenzposition zugeordneten oder an der Referenzposition angeordneten Positionsschalter umfassen, der bei Betätigung durch eines der beiden Werkzeuge seinen Schaltzustand ändert, wobei eine Schaltzustandsänderung des Positionsschalters als
20 Auslösesignal oder Auslösezeitpunkt verwendet wird.

- Die wenigstens eine Positionserfassungseinrichtung kann aber auch die Relativposition der beiden Werkzeuge zueinander fortlaufend oder kontinuierlich oder zu bestimmten Messpunkten messen und an die Kontrolleinrichtung ein entsprechendes Positionsmesssignal oder einen entsprechenden Positionsmesswert liefern. Die Kontrolleinrichtung vergleicht dann das Positionsmesssignal oder den Positionsmesswert mit einem der Referenzposition entsprechenden Referenzsignal oder Referenzwert und wertet eine festgestellte
30 Übereinstimmung des Positionsmesssignals mit dem Referenzsignal oder des Positionsmesswertes mit dem Referenzwert als Auslösezeitpunkt aus und ermittelt daraus den Abhebezeitpunkt.

- In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ermittelt die Kontrolleinrichtung den Abhebezeitpunkt aus dem Auslösezeitpunkt, indem sie eine vorbestimmte Verzögerungszeit zu dem Auslösezeitpunkt hinzuzählt oder ablaufen lässt, beispielsweise mittels eines digitalen Zählers oder einer Uhr.
- 5 Insbesondere kann die Kontrolleinrichtung den Startzeitpunkt für das Startsignal durch Ablaufen lassen oder Hinzuzählen der vorbestimmten Verzögerungszeit zu dem Auslösezeitpunkt ermitteln, wobei der Abhebezeitpunkt sich aus dem Startzeitpunkt in eindeutiger Weise, im Allgemeinen durch Addition der Signallaufzeit und -verarbeitungszeit des Startsignals für das
- 10 Handhabungsgerät, ergibt. Die Verzögerungszeit ist im Allgemeinen abhängig von dem Verlauf wenigstens einer Relativbewegungsgröße bei der Relativbewegung der Werkzeuge aufeinander zu und/oder abhängig von einer eingestellten oder einstellbaren Umformenergie.
- 15 Es ist in allen Ausführungsformen ebenfalls möglich, wenn auch in der heutigen Technologie unüblicher, ohne eine Signalübertragung und -auswertung eine unmittelbare Regelung oder Steuerung der Handhabungsgeräte vorzusehen, beispielsweise über Komponenten oder Stellglieder, die abhängig von der Relativposition der Werkzeuge den Steuerstrom für Antrieb(e) des Handhabungsgerätes direkt beeinflussen. So könnte beispielsweise der Positionsschalter, sobald die Relativposition der Werkzeuge die Referenzposition erreicht, unmittelbar einen oder mehrere Schaltkontakte auslösen, der bzw. die einen Steuerstrom bzw. Steuerströme für das Handhabungsgerät durchschaltet oder durchschalten, oder es könnten elektrische oder elektromechanische
- 20 Verzögerungsglieder oder -schalter wie z.B. Bimetallrelais, Komponenten mit Hysterese oder dergleichen vorgesehen sein..
- 25

Die Referenzposition für die Werkzeuge wird vorzugsweise abhängig von einer oder mehreren der folgenden Prozessgrößen oder -bedingungen gewählt:

30

- zeitlicher Verlauf der Relativbewegung der beiden Werkzeuge
 - Wert der Umformenergie für das Umformen des Werkstücks oder einer mit der Umformenergie eindeutig korrelierte Größe, insbesondere wenn dieser Wert auf einen von wenigstens zwei verschiedenen Werten
- 35 einstellbar ist

- die Summe der für die Ermittlung des Abhebezeitpunktes aus dem Auslösezeitpunkt mindestens erforderlichen Signal- oder Datenlaufzeiten und Signal- oder Datenverarbeitungszeiten ist kleiner als der Zeitabstand aus Abhebezeitpunkt und Auslösezeitpunkt.

5

Die Referenzposition kann insbesondere der am weitesten voneinander entfernt liegende Relativposition der Werkzeuge entsprechen, insbesondere dem sogenannten OT (oberer Totpunkt) der Umformmaschine, liegt aber in der Regel zwischen der entferntesten Relativposition, insbesondere OT, und der
10 nächsten Relativposition, der Auftreffposition, insbesondere dem UT (unterer Totpunkt) der Umformmaschine.

In einer besonderen Ausführungsform ist ein selbstlernendes oder adaptives System vorgesehen, bei dem Abhebezeitpunkt automatisch eingelernt wird
15 oder angepasst wird, indem in einem oder mehreren Umformschritten (oder Werkzeugbewegungen) die Relativposition der Werkzeuge zum Abhebezeitpunkt bestimmt wird und der Abhebezeitpunkt an einen gewünschten Wert angepasst wird, insbesondere durch Anpassen der Verzögerungszeit nach dem Auslösezeitpunkt oder durch Anpassen der Referenzposition. Dadurch
20 kann insbesondere der Abhebezeitpunkt möglichst zeitnah an den Umkehrzeitpunkt der Werkzeuge gelegt werden und so die Zeitabfolge optimiert werden.

Das wenigstens eine Handhabungsgerät, das das Werkstück abhebt, positioniert vorzugsweise auch das Werkstück in seine Umformlage auf dem ersten
25 Werkzeug und/oder hält das Werkstück während des Umformens zwischen den Werkzeugen in seiner Umformlage fest. Es können aber auch wenigstens zeit- oder teilweise unterschiedliche Handhabungsgeräte für die unterschiedlichen Handhabungen verwendet werden.

30

Vorzugsweise wird das Werkstück zumindest während des Auftreffens des oder der Werkzeuge(s) der Umformmaschine beim Umformschritt an wenigstens zwei Stellen mit jeweils einem Handhabungsgerät festgehalten oder
35 gegriffen gehalten. Dies hat zunächst den Vorteil, dass das Werkstück beim Auftreffen des oder der Werkzeuge(s) an zwei Stellen fixiert ist und damit sicherer vor einem Verspringen oder Verrutschen in den Werkzeugen be-

wahrt werden kann. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass ein Abknicken eines längeren Werkstücks an einer Seite verhindert werden kann, da die Handhabungsgeräte das Werkstück an beiden Seiten fixieren und beim Umformschlag stabilisieren können.

5

In einer vorteilhaften Ausführungsform wird das Werkstück auch oder zumindest beim Abheben von wenigstens zwei Handhabungsgeräten, insbesondere denselben Handhabungsgeräten wie beim Festhalten während des Umformens gehandhabt.

10

Die Bewegungen und Positionen der Handhabungsgeräte werden automatisch und aufeinander abgestimmt gesteuert oder geregelt. Beim Steuern des oder der Handhabungsgeräte(s) läuft die Bewegung gemäß einem vorgegebenen oder vorgebbaren Bewegungsablauf oder Bewegungsprofil oder einem
15 entsprechend hinterlegten Steuerprogramm ab (keine Rückkopplung „open-loop-control“), während beim Regeln die Bewegungen der Handhabungsgeräte messtechnisch erfasst und an vorgegebenen Sollbewegungen (Führungsgrößen der Bewegung) angepasst oder geregelt werden (Rückkopplung, „closed-loop-control“). Aufeinander abgestimmt sind die Bewegungen oder Posi-
20 tionen der beiden Handhabungsgeräte, um das Werkstück exakt handhaben zu können. Es ist also eine kinematische Kopplung zwischen den beiden Handhabungsgeräten vorgesehen beim Handhaben des Werkstücks während dessen Umformung.

25 In einer vorteilhaften Ausführungsform werden wenigstens bei einem Teil der Handhabungen des Werkstücks durch zwei Handhabungsgeräte die beiden Handhabungsgeräte synchron und/oder entlang zueinander im Wesentlichen konstant beabstandeter Trajektorien und/oder mit im Wesentlichen gleicher Geschwindigkeit bewegt

30

Die Kontrolleinrichtung steuert oder regelt die beiden Handhabungsgeräte, insbesondere deren jeweilige Antriebseinrichtungen, in einer Ausführungsform nach einem Master-Slave-Steuerprinzip, wobei ein als Slave dienendes Handhabungsgerät einem als Master dienenden Handhabungsgerät in den
35 Bewegungen folgt.

In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform steuert die Kontrolleinrichtung die beiden Handhabungsgeräte, insbesondere deren jeweilige Antriebseinrichtungen, unabhängig voneinander, mit jeweiligen aneinander angepassten Steuerabläufen.

5

Im Allgemeinen fährt jedes Handhabungsgerät oder dessen Angriffspunkt am Werkstück während einer Bewegung und/oder Handhabung des Werkstücks entlang einer vorab ermittelten Trajektorie mit einem vorgegebenen Geschwindigkeitsverlauf und/oder folgt gespeicherten aufeinander folgenden Trajektorienpunkten in regelmäßigen Zeitabständen.

Die zugehörige Trajektorie des Handhabungsgeräts oder dessen Angriffspunktes am Werkstück wird vorzugsweise vorab eingelernt, kann aber auch berechnet werden. In einer besonderen Ausführungsform wird (nur) die Trajektorie eines der wenigstens zwei Handhabungsgeräte oder dessen Angriffspunktes am Werkstück eingelernt und die Trajektorie des wenigstens einen weiteren Handhabungsgerätes oder dessen Angriffspunktes am Werkstück wird aus der eingelernten Trajektorie des ersten Handhabungsgerätes vorab berechnet und abgespeichert oder in Echtzeit berechnet. Beim Einlernen der Trajektorie eines Handhabungsgerätes oder dessen Angriffspunktes am Werkstück wird im Allgemeinen die zugehörige Trajektorie, abgefahren und in regelmäßigen Zeitabständen werden die Trajektorienpunkte nacheinander erfasst und abgespeichert. Der Geschwindigkeitsverlauf beim Einlernen ist vorzugsweise vorgegeben entsprechend dem späteren Geschwindigkeitsverlauf beim Prozess. Bei beliebigem Geschwindigkeitsverlauf beim Einlernen kann der tatsächliche Geschwindigkeitsverlauf beim Betrieb auch nachträglich noch berücksichtigt werden und neue Trajektorienpunkte errechnet und gespeichert werden. Das Handhabungsgerät oder dessen Angriffspunkt am Werkstück bei der Bewegung und/oder Handhabung des Werkstücks folgt in jedem Fall den beim Einlernen, ggf. nach Geschwindigkeitskorrektur, gespeicherten Trajektorienpunkten in denselben Zeitabständen und in derselben Reihenfolge wie beim Einlernen.

Bei Handhabungen an der Umformmaschine befinden sich die beiden Handhabungsgeräte vorzugsweise an gegenüberliegenden Seiten des Arbeitsbereiches oder der Werkzeuge der Umformmaschine.

35

In einer Ausführungsform, bei der das Werkstück in wenigstens zwei Umformschritten zwischen denselben Werkzeugen umgeformt wird, wird in einer Variante nach einem Umformschritt das Werkstück von dem wenigstens
5 einen Handhabungsgerät vom ersten Werkzeug abgehoben und anschließend wieder auf das erste Werkzeug in die Umformlage für den darauffolgenden Umformschritt positioniert wird.

In einer anderen Variante wird nach einem Umformschritt das Werkstück
10 von dem wenigstens einen Handhabungsgerät vom ersten Werkzeug abgehoben und anschließend auf das erste Werkzeug in einen anderen Werkzeugbereich oder auf oder in ein anderes Werkzeug in die Umformlage für den darauffolgenden Umformschritt positioniert. In einer weiteren Variante wird
15 das Werkstück nach dem Umformschritt oder nach dem letzten Umformschritt von dem wenigstens einen Handhabungsgerät nach dem Abheben vom Werkzeug oder Werkzeugbereich zu einer Ablageeinrichtung transportiert und dort abgelegt.

Insbesondere zwischen zwei Umformschritten wird nun in einer bevorzugten
20 Ausführungsform mittels wenigstens eines Gebläses Zundermaterial unter dem abgehobenen Werkstück und/oder von dem Werkzeug ausgeblasen. Dieser Schritt wird auch als Lüften bezeichnet. Das Gebläse wird vorzugsweise, insbesondere von der Kontrolleinrichtung, so angesteuert, dass der Einschaltzeitpunkt oder die Inbetriebnahme oder die Heranführung des Gebläses abhängig von dem Auslösezeitpunkt (analog wie die Abhebebewegung
25 des Handhabungsgeräts) und vorzugsweise nach dem Abhebezeitpunkt bestimmt wird.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Vorrichtung weist jedes Handhabungsgerät
30

- a) wenigstens eine Greifeinrichtung mit wenigstens zwei relativ zueinander bewegbaren Greifelementen zum Greifen des Werkstücks,
- b) wenigstens eine Trägereinrichtung, an der die Greifeinrichtung befestigt oder befestigbar ist und
- 35 c) wenigstens eine Transporteinrichtung zum Transportieren der Trägereinrichtung mit der Greifeinrichtung auf.

Die Vorrichtung wird nun vorzugsweise dadurch weitergebildet, dass eine flexible Verbindung von Trägereinrichtung und Transporteinrichtung in einem flexiblen Zustand zumindest teilweise Stöße oder Schwingungen, die beim Umformvorgang vom Werkstück auf das Handhabungsgerät übertragen werden, absorbiert und damit die Transporteinrichtung vor diesen mechanischen Belastungen schützt; und dass eine starre Verbindung oder Stellung von Trägereinrichtung und Transporteinrichtung in einem starren Zustand dagegen beim Handhaben des Werkstücks beim Transport oder beim Drehen oder Schwenken vor oder nach Umformschritten eingesetzt wird.

Bevorzugte Anwendungen der Erfindung sind bei Verwendung eines Schmiedehammers oder einer Spindelpresse oder einer Kurbelpresse als Umformmaschine und/oder zum Schmieden und/oder zur Kaltumformung mit einer Umformtemperatur typischerweise im Bereich von Raumtemperatur (21 °C), zur Halbwarmumformung, typischerweise zwischen 550 °C und 750 °C, oder zur Warmumformung, typischerweise oberhalb 900 °C, und/oder zum Umformen von Werkstücken aus knetbaren Metalle und Metallegierungen, insbesondere eisenhaltigen Werkstoffe wie Stählen als auch nicht eisenhaltigen Metallen wie Magnesium, Aluminium, Titan, Kupfer, Nickel und Legierungen daraus. Im Allgemeinen sind die Werkzeuge der Umformmaschine formgebende Gesenkwerkzeuge zum gebundenen Umformen des Werkstückes.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen weiter erläutert. Dabei wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren

- FIG 1 eine Vorrichtung mit zwei Handhabungsgeräten beim Ergreifen eines Werkstücks in einer Seitenansicht,
- FIG 2 die Vorrichtung gemäß FIG 1, bei der die zwei Handhabungsgeräte das in eine Umformmaschine gelegte Werkstück halten, in einer Seitenansicht,
- FIG 3 die Vorrichtung gemäß FIG 1 oder FIG 2, bei der die zwei Handhabungsgeräte das in der Umformmaschine befindliche Werkstück nach dem Umformschlag anheben oder lüften, in einer Seitenansicht,
- FIG 4 eine Vorrichtung zum Umformen eines Werkstücks mit zwei Handhabungsgeräten, die das Werkstück entlang vorgegebener Bewe-

gungsbahnen handhaben, in einer schematischen perspektivischen Ansicht und

FIG 5 eine Vorrichtung zum Umformen eines Werkstücks mit zwei Handhabungsgeräten bei einer Handhabung des Werkstücks in einer Draufsicht

jeweils schematisch dargestellt sind. Einander entsprechende Größen und Teile sind in den FIG 1 bis 5 mit entsprechenden Bezugszeichen versehen.

Es sind ein erstes Handhabungsgerät mit 2 und ein zweites Handhabungsgerät mit 2' bezeichnet. Jedes der Handhabungsgeräte 2 und 2' kann als Manipulator oder Roboter ausgebildet sein. In den in FIG 1 bis 5 dargestellten Ausführungsbeispielen sind die beiden Handhabungsgeräte 2 und 2' im Wesentlichen baugleich ausgebildet und umfassen jeweils eine Greifeinrichtung (oder: Greifzange) 3 bzw. 3', eine Trägerwelle 4 bzw. 4', eine Stützeinrichtung (oder: Starrstellungseinrichtung) 5 bzw. 5', ein Lagerteil 6 bzw. 6', ein flexibles Element 7 bzw. 7', einen Schwenkantrieb (oder: Rotationsantrieb) 8 bzw. 8', ein Gelenk 9 bzw. 9', eine Betätigungseinrichtung 11 bzw. 11' und eine Transporteinrichtung 16 bzw. 16'.

Jede Greifeinrichtung 3 bzw. 3' umfasst zwei jeweils eine zugehörige Greifbacke (oder: Greifelement, Zangenbacke) 30 bzw. 31 bzw. 30' und 31' aufweisende Greifhebel 32 und 33 bzw. 32' und 33' auf, die mittels der Betätigungseinrichtung 11 bzw. 11' zueinander in einem Schwenklager 34 bzw. 34' schwenkbar sind zum Öffnen und Schließen der Greifeinrichtung 3 bzw. 3'. Die Betätigungseinrichtung 11 bzw. 11' greift in einem Angreiflager 35 bzw. 35' am Greifhebel 33 bzw. 33' an und ist in einem Schwenklager 14 bzw. 14' schwenkbar an dem Zwischenteil 6 bzw. 6' gelagert. Der Greifhebel 32 bzw. 32' der Greifeinrichtung 3 bzw. 3' ist über die Trägerwelle 4 bzw. 4' mit dem Zwischenteil 6 bzw. 6' coaxial entlang einer Achse M verbunden. Zwischen dem Zwischenteil 6 bzw. 6' und dem mit dem Gelenk 9 bzw. 9' entlang einer zweiten Achse N verbundenen Schwenkantrieb 8 bzw. 8' ist das flexible Element 7 bzw. 7' angeordnet, das und über jeweils einen Flansch mit dem Zwischenteil 60 bzw. 60' und dem Schwenkantrieb 8 bzw. 8' verbunden ist und aus einem elastischem Material, vorzugsweise einem Elastomer, besteht. In dem flexiblen Element 7 bzw. 7' sind nun die vordere Einheit des Handhabungsgerätes 2 bzw. 2', nämlich die Greifeinrichtung 3 bzw. 3', die Träger-

welle 4 bzw. 4' und das Lagerteil 6 bzw. 6' sowie die Betätigungseinrichtung 11 bzw. 11', einerseits und die hintere Einheit des Handhabungsgerätes 2 bzw. 2', nämlich der Schwenkantrieb 8 bzw. 8' und das Gelenk 9 bzw. 9' sowie die Transporteinrichtung 16 bzw. 16', und damit auch deren Achsen M und N zueinander verschwenk- oder neigbar.

Die Stützeinrichtung 5 bzw. 5' der Handhabungsgeräte 2 und 2' gemäß FIG 1 und 2 umfasst eine längsverlaufende Verbindungsstange 53 bzw. 53', an der ein jeweils quer nach oben verlaufendes erstes Befestigungsteil 51 bzw. 51' zum Verbinden der Verbindungsstange 53 bzw. 53' mit dem Schwenkantrieb 8 bzw. 8' und weiter hinten ein quer nach oben verlaufendes zweites Befestigungsteil 52 bzw. 52' zur Verbindung mit dem Gelenk 9 bzw. 9' sowie im vorderen Bereich ein nach oben ragendes Stützteil 50 bzw. 50' mit einem Einschnitt oder Stützlager (oder: einen Wellensitz) zum Fixieren oder Stützen der Trägerwelle 4 bzw. 4' angeordnet sind. Die FIG 1 und 2 illustrieren u.a. auch die Funktionsweise der Stützeinrichtung 5 bzw. 5' und des flexiblen Elements 7 bzw. 7' der Handhabungsgeräte 2 bzw. 2'.

Im in FIG 1 gezeigten Zustand bewegen sich die Handhabungsgeräte 2 und 2' mit geöffneten Greifeinrichtungen 3 und 3' von beiden Seiten in Richtung der dargestellten Pfeile auf ein Werkstück 10 zu, das auf einer Bereitstellungseinrichtung, beispielsweise einem Förderband, 41 bereitgestellt wird. Die Achsen M und N sowie M' und N' sind koaxial zueinander und horizontal, d.h. senkrecht zur Schwerkraft G, gerichtet, das flexible Element 7 bzw. 7' ist im Wesentlichen unverformt und die Verbindungsstange 53 bzw. 53' verläuft parallel zu den Achsen M und N bzw. M' und N' und ihr Stützteil 50 bzw. 50' stützt die Trägerwelle 4 bzw. 4' und damit die mit ihr verbundene Greifeinrichtung 3 bzw. 3' ab. Die Stützeinrichtung 5 bzw. 5' stellt also eine mechanische Überbrückung über das flexible Element 7 bzw. 7' dar und beseitigt somit in der Stellung gemäß FIG 1 die Flexibilität des Handhabungsgerätes 2 bzw. 2' in dem flexiblen Element 7 bzw. 7' zumindest in der Raumrichtung der Schwerkraft G und in den nach unten gerichteten seitlichen Richtungen zwischen der Schwerkraft G und der horizontalen Richtung. Die starre Verbindung wird allein durch das Eigengewicht der Teile des Handhabungsgerätes 2 bzw. 2' aufrechterhalten. Bei Erreichen des Werkstücks 10 werden die Greifeinrichtungen 3 und 3' geschlossen und somit das Werk-

stück 10 an seinen Enden 10A und 10B ergriffen und mittels der Transporteinrichtungen 16 und 16' zu einer Umformmaschine transportiert und dort in die Umformposition zum Umformen auf ein Werkzeug gelegt. Dabei wird über die Stützeinrichtung 5 bzw. 5' das Handhabungsgerät 2 bzw. 2' im starren Zustand gehalten.

FIG 2 zeigt das Werkstück 10 im aufgelegten Zustand auf der Oberfläche 22 des unteren Werkzeuges oder Gesenks 12 eines Schmiedehammers als bevorzugtes Beispiel einer Umformmaschine. Durch Anheben der hinteren Einheiten der Handhabungsgeräte 2 und 2', also Neigen der Mittelachse N bzw. N' um den Neigungswinkel α bzw. α' gegenüber der Mittelachse M bzw. M' der vorderen Einheit um das flexible Element 7 bzw. 7', wird die Stützeinrichtung 5 bzw. 5' aus dem Eingriff mit der Trägerwelle 4 bzw. 4' gebracht, da sich das Stützteil 50 bzw. 50' sich ausreichend von der Trägerwelle 4 bzw. 4' entfernt. Bei der Neigungsbewegung um den Winkel α bzw. α' dient dabei das Gesenk 12 über das Werkstück 10 als Widerlager. Die Handhabungsgeräte 2 und 2' sind somit in FIG 2 in einem flexiblen oder nicht starren Zustand. Wenn nun ein oberes Werkzeug oder Schlagwerkzeug 13 am Schlagbären 15 des Schmiedehammers in der Schlagrichtung oder Vorwärtsrichtung VR auf das Werkstück 10 schlägt, so werden dadurch entstehende Stoß- und Vibrationsbelastungen von den elastischen Elemente 7 und 7' gedämpft und weitgehend von der Transporteinrichtung 16 bzw. 16' und dem Schwenkantrieb 8 bzw. 8' entkoppelt, so dass diese Antriebsvorrichtungen vor Überlastung geschützt werden.

Sowohl im starrgestellten als auch im flexiblen Zustand der Handhabungsgeräte 2 und 2' kann in der dargestellten Ausführungsform das Werkstück 10 vor dem Auflegen auf das Gesenk 12 gedreht werden, insbesondere um eine durch das Werkstück 10 verlaufende Drehachse, beispielsweise seine Längsachse. Für eine solche Dreh- oder Schwenkbewegung werden die Greifeinrichtungen 3 und 3' mit dem ergriffenen Werkstück 10 um den gewünschten Schwenkwinkel im gleichen Umlaufsinn und mit der gleichen Dreh- oder Winkelgeschwindigkeit geschwenkt. Dazu wird eine Drehbewegung einer Abtriebswelle eines Antriebsmotors des Schwenkantriebs 8 bzw. 8' angeordnet, ggf. über ein Getriebe und über einen Antriebsflansch und das flexible Element 7 bzw. 7' und über einen Verbindungsflansch wiederum auf das

Zwischenteil 6 bzw. 6' übertragen und von dort auf die Trägerwelle 4 bzw. 4' und schließlich die Greifeinrichtung 3 bzw. 3'. Solche Schwenkbewegungen treten beispielsweise beim Biegen eines Werkstücks in einem ersten Schmiedevorgang oder Schmiedeschritt und beim anschließenden Flachformen oder Schmieden auf. Die Drehbarkeit der Greifeinrichtungen 3 und 3' kann entfallen, falls eine Drehung nicht erwünscht ist.

FIG 3 zeigt nun, ausgehend von FIG 2, die Situation kurz nach dem Auftreffen des Schlagwerkzeuges 13 auf das Werkstück 10 und die umliegenden Bereiche des Werkzeuges 12. Das Schlagwerkzeug 13 ist durch den Rückstoß sowie ggf. durch einen Antrieb wieder in einer vom Werkzeug 12 weggerichteten Aufwärtsbewegung in einer Rückwärtsrichtung RR.

Es wird nun das Werkstück 10 von dem Werkzeug 12 um einen Abstand d angehoben oder gelüftet. Diese Anheb- oder Lüftbewegung der beiden Handhabungsgeräte 2 und 2' und des von ihnen gehaltenen Werkstückes 10 folgt somit dem nach dem Umformschlag sich nach oben bewegenden Schlagwerkzeug 13 richtungsgleich mit der Rückwärtsrichtung RR. Die Handhabungsgeräte 2 und 2' können dabei in der flexiblen Stellung bleiben, wie in FIG 3 dargestellt, oder auch vor der Abhebbewegung starr gestellt werden wie in FIG 1. Bei oder nach der Lüftbewegung wird Zundermaterial aus dem unteren Werkzeug 12 mittels eines, nicht dargestellten, Gebläses ausgeblasen. Das Lüften oder Abheben verkürzt zudem die Berührzeit des Werkstückes 10 mit dem unteren Werkzeug 12.

Nach dem Abhebe- oder Lüftvorgang kann nun entweder das Werkstück 10 erneut auf das Gesenk 12 oder auf ein anderes Gesenk oder eine andere Gravur des Gesenkes 12 aufgelegt werden und erneut mit dem Schlagwerkzeug 13 oder einem anderen Schlagwerkzeug umgeformt werden.

Es kann aber auch der Umformvorgang beendet werden und das Werkstück 10 aus der in FIG 3 dargestellten gelüfteten Stellung von den beiden Handhabungsgeräten 2 und 2' aus dem Arbeitsbereich der Umformmaschine zwischen den beiden Werkzeugen 12 und 13 herausbewegt und zu einer Ablageeinrichtung transportiert werden. FIG 4 zeigt eine solche Handhabung des Werkstücks 10 nach dem Umformen. Die Bewegungsbahnen oder Trajektori-

en der beiden Handhabungsgeräte 2 und 2' sind mit S und S' bezeichnet, die Bewegungsrichtungen mit Pfeilen gekennzeichnet.

Die beiden Handhabungsgeräte 2 und 2' werden gemäß FIG 4 jeweils zu einem Abhebezeitpunkt t_1 aus einer Ausgangsstellung $S(t_1)$ und $S'(t_1)$ gestartet, bei der sie das Werkstück 10, mit den Greifeinrichtungen 3 und 3' an dem jeweiligen Ende 10A bzw. 10B greifend, auf dem Gesenk 12 der Umformmaschine aufliegend festhalten. Nun bewegen sich beide Handhabungsgeräte 2 und 2' zunächst nach oben, so dass das Werkstück 10 von der Oberfläche 22 des Gesenks 12 abgehoben wird. Der oberste Punkt dieser Abhebebewegung zu einem Zeitpunkt $t_k > t_1$ ist mit $S(t_k)$ bzw. $S'(t_k)$ bezeichnet.

Im Anschluss an die Abhebebewegung transportieren die Handhabungsgeräte 2 und 2' nun das Werkstück 10 entlang der im dargestellten Beispiel nun horizontal verlaufenden Trajektorien S und S' weiter und legen schließlich zu einem Ablegezeitpunkt t_n bei den Positionen $S(t_n)$ und $S'(t_n)$ das Werkstück 10 auf einer Ablegeeinrichtung 42 ab, die beispielsweise ein Förderband zum Abtransport der fertig geschmiedeten Werkstücks 10 umfasst. Die beiden Trajektorien S und S' der Handhabungsgeräte 2 und 2' verlaufen im Allgemeinen parallel zueinander und die Handhabungsgeräte 2 und 2' werden synchron zueinander bewegt. Dadurch wird das Werkstück 10 im Wesentlichen nur translatorisch und nicht rotatorisch bewegt. Zu einem beliebigen Zeitpunkt t_j ist also der Differenzvektor $\Delta = S'(t_j) - S(t_j)$ immer gleich.

Gemäß der Erfindung wird die Abhebebewegung des Werkstücks 10 mit den Handhabungsgeräten 2 und 2' gemäß den FIG 2 bis 4 abhängig von der Lage oder der Position des Schlagwerkzeugs 13 eingeleitet oder gestartet. Die Position des Schlagwerkzeugs 13 entspricht gleichzeitig der Relativposition der beiden Werkzeuge 12 und 13 zueinander, da das Gesenk 12 ortsfest ist. Das Schlagwerkzeug 13 bewegt sich bei seiner Schlagbewegung und Rückholbewegung, die auch als Hub bezeichnet wird, linear zwischen einem oberen Endpunkt x_0 , der auch als oberer Totpunkt (OT) bezeichnet wird, und einem unteren Endpunkt x_E , der auch als unterer Totpunkt (UT) bezeichnet wird.

An einer vorgegebenen Referenzposition x_R mit $x_0 < x_R < x_E$ ist ein Positionssensor 25 angeordnet, der ein Positionssignal P an seinem Ausgang bereitstellt. Das Positionssignal P ist ein Maß dafür, ob und wann das Schlagwerkzeug 13 die Referenzposition x_R erreicht, und entspricht dann einem Referenzpositionssignal PR .

Der Positionssensor 25 kann als eine Art Positionsschalter ausgebildet sein, der zwei Werte oder Zustände einnimmt, nämlich einen Wert oder Zustand, wenn die Position x des Schlagwerkzeugs 13 nicht der Referenzposition x_R entspricht, und einen zweiten Wert oder Zustand, nämlich einen Referenzpositionswert oder Referenzpositionszustand PR , wenn x gleich x_R ist. Dazu wird in der Regel ein berührungsloser Positionssensor oder Positionsschalter verwendet, der auf eine lokal begrenzte Auslösstelle am Schlagwerkzeug 13 reagiert, beispielsweise ein magnetischer Positionssensor, der auf eine Markierung aus magnetischem Material am Schlagwerkzeug 13 anspricht.

In einer anderen Ausführungsform kann der Positionssensor 25 auch die Position x des Schlagwerkzeugs 13 über die gesamte Wegstrecke von x_0 bis x_E und zurück kontinuierlich oder quasi-kontinuierlich in einzelnen Messpunkten x_i erfassen und bestimmen. Das Positionssignal P ist dann eine injektive oder bijektive Funktion der Position x oder x_i mit $P(x_R) = PR$. Dazu kann beispielsweise an dem Schlagwerkzeug 13 ein sich parallel zur Wegstrecke oder Koordinatenrichtung x erstreckender Streifen oder eine ähnlich ausgebildete Markierung vorgesehen sein, die eine inkrementale Positionserfassung durch ein sich in kleinen Inkrementen oder Schritten veränderndes Muster ermöglicht.

Die genannten Positionserfassungssysteme sind an sich bekannt und bedürfen deshalb keiner näheren Erläuterungen. Der Positionssensor 25 kann insbesondere ein optischer, induktiver oder Magnetfeld-Sensor sein.

Das Positionssignal P des Positionssensors 25 wird einer Kontrolleinrichtung 43 zugeführt. Die Kontrolleinrichtung 43 entscheidet anhand des Positionssignals P , ob sie und wann sie eine Abhebebewegung der Handhabungsgeräte 2 und 2' einleitet. Dazu steht die Kontrolleinrichtung 43 mit den Handhabungsgeräten 2 und 2' in Wirkverbindung und steuert die Handha-

bungsgeräte 2 und 2' mittels zugehöriger Steuersignale C und C'. Sobald das Schlagwerkzeug 13 in der Abwärtsbewegung, also in Richtung der Vorwärtsrichtung VR die Referenzposition xR erreicht, sendet der Positionssensor 25 ein entsprechendes Referenzpositionssignal $P = PR$ an die Kontrolleinrichtung 43. Die Kontrolleinrichtung 43 übernimmt den Zeitpunkt des Eingangs des Referenzpositionssignals PR als Auslösezeitpunkt t_R , zu dem eine Abheberoutine in der Kontrolleinrichtung 43 initiiert wird. Gemäß einem in der Kontrolleinrichtung 43 gespeicherten Algorithmus oder Berechnungsverfahren wird nun ein Startzeitpunkt ermittelt, zu dem die Startsignale C und C' an die Handhabungsgeräte 2 und 2' gesendet werden. Nach Erhalt der synchronen Startsignale C und C' durch die beiden Handhabungsgeräte 2 und 2' werden die Antriebssysteme der Handhabungsgeräte 2 und 2', insbesondere die Transporteinrichtungen 16 und 16', so angesteuert, dass zu einem Abhebezeitpunkt t_1 gemäß FIG 4 die Abhebebewegung des Werkstücks 10 beginnt und sich die Handhabungsgeräte 2 und 2' entlang ihrer Trajektorien S und S' nach oben bewegen.

Der Abhebezeitpunkt t_1 liegt um eine systembedingte Reaktionszeit und um die Signallaufzeiten der Startsignale C und C' sowie die Signalverarbeitungszeiten in den Handhabungsgeräten 2 und 2' später als der Startzeitpunkt in der Kontrolleinrichtung 43 und um eine weitere Zeitdifferenz, die durch die Rechenzeiten in der Kontrolleinrichtung 43 sowie die Signallaufzeiten für das Positionssignal P bestimmt ist, später als der Zeitpunkt, zu dem das Schlagwerkzeug 13 die Referenzposition xR erreicht hatte. Da diese Verzögerungszeiten im System vorab bestimmt werden können oder innerhalb vorab bestimmter Grenzen liegen, kann der Abhebezeitpunkt t_1 sehr nahe am Umkehrzeitpunkt des Schlagwerkzeugs 13, zu dem das Schlagwerkzeug 13 seine Richtung von der Vorwärtsrichtung VR in die Rückwärtsrichtung RR umkehrt, gewählt werden. Diese Einleitung der Abhebebewegung der Handhabungsgeräte 2 und 2' im Moment des Umsteuerns oder kurz danach bedeutet eine kurze Werkzeugberührzeit, was wiederum die Werkzeugstandzeit und die Produktivität erhöht. Die auftretenden Verzögerungszeiten durch die Signalübertragungszeiten und Rechnerzeiten werden durch das Starten der Handhabungsgeräte 2 und 2' während der Abwärtsbewegung des Schlagwerkzeugs 13 kompensiert.

Zum Bestimmen des Startzeitpunktes, zu dem die Startsignale C und C' von der Kontrolleinrichtung 43 an die Handhabungsgeräte 2 und 2' gesendet werden, wird vorzugsweise in der Kontrolleinrichtung 43 eine Verzögerungszeit ablaufen gelassen nach Erhalt des Referenzpositionssignals PR des Positionssensor 25, beispielsweise mittels eines digitalen Zählers oder einer eingebauten Uhr. Nach Ablauf der Verzögerungszeit wird das Startsignal C bzw. C' gesendet. Einer jeden eingestellten Umformenergie der Umformmaschine wird eine zugehörige Verzögerungszeit zugeordnet. Dieser Zusammenhang zwischen eingestellter Umformenergie und Verzögerungszeit kann mit Hilfe einer mathematischen Funktion oder einer Wertetabelle in der Kontrolleinrichtung 43 hergestellt werden.

Beim Einsatz eines kontinuierlichen Positionserfassungssystems, bei dem die Position x zwischen x_0 und x_E an jedem Punkt bekannt ist, kann auch für jede eingestellte Umformenergie der Umformmaschine eine eigene Referenzposition x_R für das Schlagwerkzeug 13 zugeordnet werden und somit ein individueller Startpunkt für die Handhabungsgeräte 2 und 2' zugeordnet werden. Auch dieser Zusammenhang zwischen Referenzposition x_R und Startpunkt für das Handhabungsgerät kann mit Hilfe einer mathematischen Funktion oder eine Wertetabelle in der Kontrolleinrichtung 43 hergestellt werden.

Zusätzlich zur Position x oder x_i oder x_R kann auch die Geschwindigkeit dx/dt des Schlagwerkzeugs 13 in der Kontrolleinrichtung 43 errechnet werden, beispielsweise durch numerische Differentiation anhand der erhaltenen Werte x_i oder x für die Position des Schlagwerkzeugs 13. Dadurch ist es möglich, jeder Geschwindigkeit einen eigenen Startpunkt für die Handhabungsgeräte 2 und 2' zuzuordnen. Auch dieser Zusammenhang zwischen Startpunkt für die Handhabungsgeräte 2 und 2' und der Geschwindigkeit des Schlagwerkzeugs 13 kann mit Hilfe einer mathematischen Funktion oder einer Wertetabelle in der Kontrolleinrichtung 43 hergestellt werden.

In einer typischen Betriebsweise einer Umformvorrichtung gemäß der Erfindung wird an der Umformmaschine beispielsweise mit zwei unterschiedlichen Umformenergien gearbeitet. Aus jeder der beiden einstellbaren Umformenergien ergibt sich abhängig von der mathematischen Funktion oder

der Wertetabelle mit Hilfe der Kontrolleinrichtung 43 ein Startzeitpunkt für die Handhabungsgeräte 2 und 2'. Bei einem Positionserfassungssystem in der Umformmaschine wird in der Kontrolleinrichtung 43 der Sollwert als errechneter Startpunkt mit dem Istwert oder Istposition des Schlagwerkzeugs 13 verglichen. Aus dem Vergleich von Ist- und Sollwert bildet die Kontrolleinrichtung 43 bei Erreichen des Sollwertes das Startsignal C bzw. C' für die Handhabungsgeräte 2 und 2'.

Die Werkzeuge 12 und 13 sind in der Regel formgebende Werkzeuge, sogenannte Gesenke mit entsprechend der gewünschten Form des Werkstückes angepassten Gravuren. Die Handhabungsgeräte 2 und 2' halten im Allgemeinen das Werkstück 10 während des gesamten Schmiedezyklus und führen alle für den Schmiedeprozess notwendigen Handhabungsbewegungen gemeinsam und synchron aus. Das gemeinsame und synchrone Fahren der beiden Handhabungsgeräte 2 und 2' wird über eine elektrische Kopplung zwischen den beiden Handhabungsgeräten 2 und 2' erreicht, wobei die Kopplung über den Master-Slave-Betrieb von elektrischen Antrieben oder aber durch das gleichzeitige Starten von unabhängig arbeitenden Antrieben erreicht wird. Die Bewegungen der Handhabungsgeräte 2 und 2' und somit die Handhabungsbewegungen für das Werkstück 10 werden in der Regel in an sich bekannter Weise vorab eingelernt.

Die Kontrolleinrichtung 43 kann zusätzlich den kompletten Signalaustausch durchführen. In der Regel arbeitet die Kontrolleinrichtung mit Hilfe wenigstens eines digitalen Prozessors, insbesondere eines Mikroprozessors oder einer digitalen Signalprozessors, und entsprechender Speicher, in denen die Ablaufprogramme, Steueralgorithmen und Daten für die Bewegungen gespeichert sind. Für einen Master-Slave-Betrieb sind an sich bekannte Master-Slave-Steuereinheiten verwendbar. Bei unabhängig arbeitenden Antrieben sind gleiche Wegstrecken und Geschwindigkeiten sowie Fehlerrückmeldungen und Fehlerreaktionen zwischen den unabhängigen Antrieben vorgesehen, um einen exakten und im Fehlerfall sicheren Betrieb zu gewährleisten.

FIG 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zum Handhaben eines Werkstücks während eines Schmiedevorganges. Diese Vorrichtung umfasst wieder zwei Handhabungsgeräte 2 und 2' mit jeweiligen Greif-

einrichtungen 3 und 3', die schematisiert als Industrieroboter dargestellt sind. Die beiden Handhabungsgeräte 2 und 2' nehmen ein Werkstück 10 von einer Bereitstellungseinrichtung 41, beispielsweise einem Zuführtransportband oder einer anderen automatisierten Zuführeinrichtung auf und setzen
5 das Werkstück in eine erste Gravur 17 eines Werkzeuges 12 einer schlagenden Gesenk-Umformmaschine. Das Gegenwerkzeug oder Schlagwerkzeug dieser Gesenk-Umformmaschine ist nicht dargestellt und würde sich in der dargestellten Draufsicht oberhalb der Zeichenebene befinden. Während oder am Ende der Handhabungsbewegung oder Umbewegung von der Bereitstellungseinrichtung 41 in die erste Gravur 17 des Werkzeuges 12 wird das Schlagwerkzeug der Umformmaschine ausgelöst. Nach der Schlagausslösung wird ein neuer Ablauf für die weitere Handhabung des Werkstückes 10 um
10 einem Zeitpunkt während oder am Ende der Schlagbewegung des Schlagwerkzeuges eingeleitet. Zunächst wird bis zum Auftreffen und während des Auftreffens des Schlagwerkzeuges das Werkstück 10 in seiner Umformlage auf der Gravur 17 von den beiden Handhabungsgeräten 2 und 2' fixiert und an beiden Enden festgehalten. Nach dem Auftreffen und Lösen des Schlagwerkzeuges vom Werkstück 10 wird das Werkstück 10 von den beiden Handhabungsgeräten 2 und 2' gemäß der hinterlegten weiteren Handhabungsroutine gemeinsam und synchron gehandhabt. Zunächst wird das
20 Werkstück 10 gelüftet, wie anhand von FIG 3 bereits erläutert, und anschließend entweder nochmals in der ersten Gravur 17 bearbeitet oder gleich in die zweite Gravur 18 des Werkzeuges 12 umgesetzt. Nach der Umsetzung des Werkstückes 10 in die zweite Gravur 18 erfolgt wieder ein Umformschritt mit Auslösung der. Nach der Schlagausslösung wird wieder die weitere gemeinsame synchrone Handhabung des Werkstückes 10 zu einem einstellbaren Zeitpunkt während oder am Ende der Schlagbewegung eingeleitet. Es kann nun wieder gemeinsam und synchron das Werkstück von den beiden Handhabungsgeräten 2 und 2' gelüftet werden in der zweiten Gravur 18 und
25 ggf. wieder in die Gravur 18 zu einer nochmaligen Bearbeitung eingelegt werden oder das Werkstück 10 kann gleich in die Ablageeinrichtung 42 für das fertig umgeformte Werkstück 10 umgesetzt werden.

Für die Handhabungsgeräte 2 und 2' können neben den anhand der FIG 1
35 bis 5 beschriebenen Ausführungsformen auch andere Manipulatoren oder Industrieroboter verwendet werden, beispielsweise auch die eingangs ge-

nannten Handhabungsgeräte gemäß *DE 42 20 796 A1* oder *DE 100 60 709 A1*. Neben den beschriebenen Handhabungsbewegungen können zusätzlich oder alternativ auch weitere Handhabungsbewegungen durch die Handhabungsgeräte 2 und 2' mit oder ohne Werkstück 10 vorgesehen sein. Der Abstand der Greifeinrichtungen, beispielsweise der Abstandsvektor Δ in FIG 4, ist in der Regel abhängig von der Länge oder entlang dieses Abstandes gemessenen Abmessung des Werkstückes und bleibt während der synchronen gemeinsamen Handhabung in der Regel konstant. Es kann aber auch eine Volumen- oder Gestaltsänderung des Werkstückes nach dem Umformprozess, insbesondere eine Längung des Werkstückes, berücksichtigt werden, indem die Handhabungsgeräte 2 und 2' ihre Angriffspunkte am Werkstück verändern, bei einer Längung des Werkstückes beispielsweise weiter außen greifen. Ferner können die Bewegungstrajektorien der beiden Handhabungsgeräte auch in einander angepasster Weise voneinander abweichen, beispielsweise in einen Offset oder eine Korrektur aufweisen, beispielsweise wenn die Werkstücke unterschiedliche Grate oder andere unterschiedliche Gestalt an den Angriffsbereichen aufweisen. Eine Fehlerkommunikation über die Kontrolleinrichtung 43 erlaubt es, bei einer unzulässigen Abweichung eines der Handhabungsgeräte von der vorgeschriebenen Trajektorie zu einem bestimmten Zeitpunkt den Prozess zu unterbrechen, insbesondere die Handhabungsgeräte zu stoppen.

Bezugszeichenliste

2, 2'	Handhabungsgerät
3, 3'	Greifeinrichtung
4, 4'	Trägerwelle
5, 5'	Stützeinrichtung
6, 6'	Lagerteil
7, 7'	flexibles Element
8, 8'	Rotationsantrieb
9, 9'	Gelenk
10, 10'	Werkstück
11, 11'	Betätigungsvorrichtung
12	Gesenk
13	Schlagwerkzeug
14, 14'	Schwenklager
16, 16'	Transporteinrichtung
17, 18	Gravur
30, 31, 30', 31'	Greifbacke
32, 33, 32', 33'	Greifhebel
34, 34'	Schwenklager
35, 35'	Angreiflager
41	Bereitstellungseinrichtung
42	Ablageeinrichtung
43	Kontrolleinrichtung
50, 50'	Stützteil
51, 52, 51', 52'	Befestigungsteil
53, 53'	Verbindungsstange
M, M'	vordere Achse
N, N'	hintere Achse
A	Schlagrichtung
B, C	Achse
D, E	Schwenkachse
F	Schwenkachse
G	Schwerkraft
R	Rotationsachse

Patentansprüche

1. Verfahren zum Umformen wenigstens eines Werkstücks, bei dem
 - a) das Werkstück (10) auf einem ersten (12) von wenigstens zwei Werkzeugen (12, 13) einer Umformmaschine in einer Umformlage positioniert wird,
 - b) die Werkzeuge (12, 13) der Umformmaschine relativ aufeinander zu bewegt werden,
 - c) das Werkstück zwischen den Werkzeugen umgeformt wird und
 - 10 d) die beiden Werkzeuge anschließend relativ voneinander weg bewegt werden,
 - e) ein Auslösezeitpunkt erfasst wird, zu dem, vorzugsweise während der Relativbewegung der Werkzeuge aufeinander zu, die Relativposition (x) der Werkzeuge (12, 13) eine vorgegebene oder vorgebbare Referenzposition (xR) einnimmt oder erreicht hat,
 - 15 f) wenigstens ein Handhabungsgerät (2) das Werkstück (10) von dem ersten Werkzeug (12) zu einem Abhebezeitpunkt abzuheben beginnt,
 - g) wobei der Abhebezeitpunkt abhängig von dem Auslösezeitpunkt gewählt ist oder bestimmt wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Abhebezeitpunkt für das wenigstens eine Handhabungsgerät so gewählt ist bzw. bestimmt wird, dass er nicht vor einem Umformzeitpunkt, zu dem die Umformung des Werkstück zwischen den Werkzeugen abgeschlossen ist, oder einem Umkehrzeitpunkt, zu dem sich die Richtung der Relativbewegung der Werkzeuge zueinander umkehrt, liegt.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei dem der Abhebezeitpunkt für das wenigstens eine Handhabungsgerät so gewählt ist bzw. bestimmt wird, dass er um eine vorgegebene oder vorgebbare Zeitdifferenz nach dem Umformzeitpunkt oder nach dem Umkehrzeitpunkt liegt.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Zeitdifferenz zwischen Abhebezeitpunkt und Umformzeitpunkt bzw. Umkehrzeitpunkt im Allgemeinen zwischen 0 ms und maximal 300 ms und/oder maximal 3/4 der Zeit für die Auseinanderbewegung der Werkzeuge, insbesondere
- 35

zwischen 0 ms und maximal 100 ms und/oder maximal $1/4$ der Zeit für die Auseinanderbewegung der Werkzeuge und vorzugsweise zwischen 0 ms und maximal 50 ms und/oder maximal $1/8$ der Zeit für die Auseinanderbewegung der Werkzeuge liegt und/oder abhängig
5 von einer vorgegebenen Werkzeugberührzeit gewählt ist.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das erste Werkzeug im Wesentlichen ortsfest zu einem externen Bezugssystem wie einem Gestell der Umformmaschine oder dem
10 Erdboden ist und die Relativbewegung und Relativposition die Bewegung bzw. Position des zweiten Werkzeuges relativ zum externen Bezugssystem ist.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das wenigstens eine Handhabungsgerät das Werkstück in seine Umformlage auf dem ersten Werkzeug positioniert.
15
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das wenigstens eine Handhabungsgerät das Werkstück während des Umformens zwischen den Werkzeugen in seiner Umformlage festhält.
20
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Werkstück in wenigstens zwei Umformschritten zwischen denselben Werkzeugen umgeformt wird, wobei nach einem Umformschritt das Werkstück von dem wenigstens einen Handhabungsgerät vom ersten Werkzeug abgehoben wird und anschließend wieder auf das erste Werkzeug in die Umformlage für den darauffolgenden Umformschritt positioniert wird, insbesondere zum Lüften mittels eines Gebläses.
25
30
9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Werkstück in wenigstens zwei Umformschritten zwischen verschiedenen Werkzeugen oder Werkzeugbereichen umgeformt wird, wobei nach einem Umformschritt das Werkstück von dem wenigstens einen Handhabungsgerät vom ersten Werkzeug abgehoben wird und anschließend auf das erste Werkzeug in einen anderen Werkzeugbe-
35

reich oder in ein anderes Werkzeug in die Umformlage für den darauffolgenden Umformschritt positioniert wird.

- 5 10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem jedes Werkstück nach dem Umformschritt oder nach dem letzten Umformschritt von dem wenigstens einen Handhabungsgerät nach dem Abheben vom Werkzeug oder Werkzeugbereich zu einer Ablageeinrichtung transportiert und dort abgelegt wird.
- 10 11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem wenigstens eine Kontrolleinrichtung vorgesehen ist, die Bewegungen des wenigstens einen Handhabungsgerätes steuert und die abhängig von dem Auslösezeitpunkt den Abhebezeitpunkt ermittelt sowie zu dem ermittelten Abhebezeitpunkt eine Abhebebewegung des
15 Handhabungsgerätes einleitet.
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem wenigstens eine Positionserfassungseinrichtung vorgesehen ist, die zu dem Auslösezeitpunkt, wenn die Relativposition der Werkzeuge die Referenzposition erreicht, ein
20 Auslösesignal an die Kontrolleinrichtung sendet, und bei dem die Kontrolleinrichtung abhängig vom Eingangszeitpunkt des Auslösesignals den Abhebezeitpunkt ermittelt.
13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem die Positionserfassungseinrichtung einen der Referenzposition zugeordneten oder an der Referenzposition angeordneten Positionsschalter umfasst, der bei Betätigung durch eines der beiden Werkzeuge seinen Schaltzustand ändert, wobei eine Schaltzustandsänderung des Positionsschalters als Auslösesignal oder Auslösezeitpunkt verwendet wird.
25
14. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem wenigstens eine Positionserfassungseinrichtung vorgesehen ist, die die Relativposition der beiden Werkzeuge zueinander fortlaufend und/oder zu bestimmten Messpunkten misst und an die Kontrolleinrichtung ein entsprechendes Positions-
30 messsignal oder einen entsprechenden Positionsmesswert liefert und bei dem die Kontrolleinrichtung das Positionsmesssignal oder den Positionsmesswert mit einem der Referenzposition entsprechen-
35

den Referenzsignal oder Referenzwert vergleicht und die Übereinstimmung des Positionsmesssignals mit dem Referenzsignal oder des Positionsmesswertes mit dem Referenzwert als Auslösezeitpunkt verwendet und daraus den Abhebezeitpunkt ermittelt.

5

15. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem an wenigstens einer Relativposition der Werkzeuge, vorzugsweise der Referenzposition, die Relativgeschwindigkeit und/oder Relativbeschleunigung der beiden Werkzeuge ermittelt wird und der Abhebezeitpunkt aus dem Auslösezeitpunkt in Abhängigkeit von der ermittelten Relativgeschwindigkeit und/oder Relativbeschleunigung der beiden Werkzeuge bestimmt wird.
10
16. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Abhebezeitpunkt aus dem Auslösezeitpunkt bestimmt wird, indem eine vorbestimmte Verzögerungszeit zu dem Auslösezeitpunkt hingezählt oder ablaufen gelassen wird.
15
17. Verfahren nach Anspruch 11 oder einem oder mehreren der auf Anspruch 11 rückbezogenen Ansprüche, bei dem die Kontrolleinrichtung zu einem Startzeitpunkt ein Startsignal an das wenigstens eine Handhabungsgerät sendet und das wenigstens eine Handhabungsgerät nach Erhalt dieses Startsignals eine Abhebebewegung startet und das Werkstück zu dem Abhebezeitpunkt abhebt.
20
18. Verfahren nach Anspruch 17 in Rückbeziehung auf Anspruch 16, bei dem die Kontrolleinrichtung den Startzeitpunkt für das Startsignal durch Ablaufen lassen oder Hinzuzählen der vorbestimmten Verzögerungszeit zu dem Auslösezeitpunkt ermittelt und der Abhebezeitpunkt sich aus dem Startzeitpunkt in eindeutiger Weise, im Allgemeinen durch Addition der Signallaufzeit und -verarbeitungszeit des Startsignals für das Handhabungsgerät, ergibt.
25
30
19. Verfahren nach Anspruch 16 oder einem der auf Anspruch 16 rückbezogenen Ansprüche, bei dem die Verzögerungszeit abhängig von dem Verlauf wenigstens einer Relativbewegungsgröße bei der Relativbewegung der Werkzeuge aufeinander zu und/oder abhängig von einer ein-
35

gestellten oder einstellbaren Umformenergie vorbestimmt wird oder ist.

- 5 20. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Referenzposition für die Werkzeuge abhängig von dem zeitlichen Verlauf der Relativbewegung der beiden Werkzeuge vorgegeben ist bzw. wird.
- 10 21. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Referenzposition für die Werkzeuge abhängig von die Umformenergie für das Umformen des Werkstücks oder eine mit der Umformenergie eindeutig korrelierte Größe vorgegeben ist bzw. wird.
- 15 22. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Umformenergie für das Umformen des Werkstücks oder eine mit der Umformenergie eindeutig korrelierte Größe auf einen von wenigstens zwei verschiedenen Werten einstellbar ist und die Referenzposition für die Werkzeuge abhängig von dem eingestellten Wert der Umformenergie oder der korrelierten Größe festgelegt wird.
- 20 23. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Referenzposition für die Werkzeuge so vorgegeben ist bzw. wird, dass die Summe der für die Ermittlung des Abhebezeitpunktes aus dem Auslösezeitpunkt mindestens erforderlichen Signal- oder Datenlaufzeiten und Signal- oder Datenverarbeitungszeiten kleiner ist als der Zeitabstand aus Abhebezeitpunkt und Auslösezeitpunkt.
- 25 24. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Referenzposition am weitesten voneinander entfernt liegende Relativposition der Werkzeuge entspricht.
- 30 25. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Referenzposition zwischen der am weitesten voneinander entfernt liegende Relativposition der Werkzeuge und der am nächsten liegenden Relativposition der Werkzeuge liegt.
- 35

26. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Werkstück zumindest beim Abheben von wenigstens zwei Handhabungsgeräten gehandhabt wird, wobei die Bewegungen und Positionen der Handhabungsgeräte automatisch und aufeinander abgestimmt gesteuert oder geregelt werden.
27. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Abhebezeitpunkt eingelernt wird oder adaptiv ermittelt wird, indem die Relativposition der Werkzeuge zum Abhebezeitpunkt bestimmt wird und der Abhebezeitpunkt an einen gewünschten Wert angepasst wird, insbesondere durch Anpassen der Verzögerungszeit nach dem Auslösezeitpunkt oder durch Anpassen der Referenzposition.
28. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem Zundermaterial unter dem abgehobenen Werkstück und/oder von dem ersten Werkzeug mittels wenigstens eines Gebläses ausgeblasen wird.
29. Verfahren nach Anspruch 28, bei dem ein Einschaltzeitpunkt für das Gebläse abhängig von dem Auslösezeitpunkt ermittelt wird und vorzugsweise nach dem Abhebezeitpunkt liegt.
30. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als Umformmaschine ein Schmiedehammer oder eine Spindelpresse oder eine Kurbelpresse vorgesehen ist oder wird.
31. Vorrichtung zum Umformen wenigstens eines Werkstücks, insbesondere zur Verwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 30 oder zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 30, umfassend
- a) wenigstens eine Umformmaschine mit wenigstens zwei relativ aufeinander zu und voneinander weg bewegbaren Werkzeugen zum Umformen eines auf einem ersten der Werkzeuge in einer vorgegebenen oder vorgebbaren Umformlage positionierten Werkstücks zwischen den Werkzeugen,

- b) wenigstens eine Positionserfassungseinrichtung zum Erfassen eines Auslösezeitpunktes, zu dem, vorzugsweise während der Relativbewegung der Werkzeuge aufeinander zu, die Relativposition (x) der Werkzeuge (12, 13) eine vorgegebene oder vorgebbare Referenzposition (xR) einnimmt oder erreicht hat,
- c) wenigstens ein Handhabungsgerät zum Handhaben des Werkstücks,
- d) wenigstens eine Kontrolleinrichtung zum Steuern oder Regeln der Bewegungen und Positionen des oder der Handhabungsgeräte(s),
- e) wobei die Kontrolleinrichtung abhängig von dem Auslösezeitpunkt einen Abhebezeitpunkt bestimmt und das wenigstens eine Handhabungsgerät (2) so ansteuert, dass das wenigstens eine Handhabungsgerät das Werkstück (10) zu dem Abhebezeitpunkt von dem ersten der Werkzeuge (12) abzuheben beginnt.
32. Vorrichtung nach Anspruch 31, bei der jedes Handhabungsgerät
- a) wenigstens eine Greifeinrichtung mit wenigstens zwei relativ zueinander bewegbaren Greifelementen zum Greifen des Werkstücks,
- b) wenigstens eine Trägereinrichtung, an der die Greifeinrichtung befestigt oder befestigbar ist und
- c) wenigstens eine Transporteinrichtung zum Transportieren der Trägereinrichtung mit der Greifeinrichtung, umfasst.
33. Vorrichtung nach Anspruch 32, bei der die Trägereinrichtung und die Transporteinrichtung in einem flexiblen Zustand miteinander flexibel verbunden sind und in einem starren Zustand, zumindest in einer Raumrichtung und/oder in jeder Drehstellung der Greifeinrichtung und/oder des oder der Greifelemente, im Wesentlichen miteinander starr verbunden sind oder zueinander starr gestellt sind.
34. Vorrichtung nach Anspruch 33, bei der die Trägereinrichtung und die Transporteinrichtung über wenigstens ein Verbindungselement miteinander verbunden sind, das in dem flexiblen Zustand flexibel ist und in dem starren Zustand starr ist.
35. Vorrichtung nach Anspruch 33 oder Anspruch 34, bei der die Trägereinrichtung und die Transporteinrichtung über wenigstens ein flexibles Element miteinander verbunden sind und in dem flexiblen Zu-

stand nur über das flexible Element verbunden sind und in dem starren Zustand über wenigstens eine Stützeinrichtung unter Überbrückung des flexiblen Elements im Wesentlichen aneinander oder gegeneinander abgestützt sind.

5

36. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 31 bis 35, bei der als Werkzeuge der Umformmaschine formgebende Gesenkwerkzeuge zum gebundenen Umformen des Werkstückes vorgesehen sind.

10

37. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 31 bis 36, bei der als Umformmaschine ein Schmiedehammer oder eine Spindelpresse oder eine Kurbelpresse vorgesehen ist.

15

38. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 31 bis 37 mit wenigstens einem Gebläse zum Ausblasen von Zundermaterial unter dem abgehobenen Werkstück und/oder von dem ersten Werkzeug.

20

39. Vorrichtung nach Anspruch 38, bei der jedes Gebläse von der Kontrolleinrichtung zu einem Einschaltzeitpunkt eingeschaltet wird und die Kontrolleinrichtung den Einschaltzeitpunkt abhängig von dem Auslösezeitpunkt ermittelt und vorzugsweise nach den Abhebezeitpunkt legt.

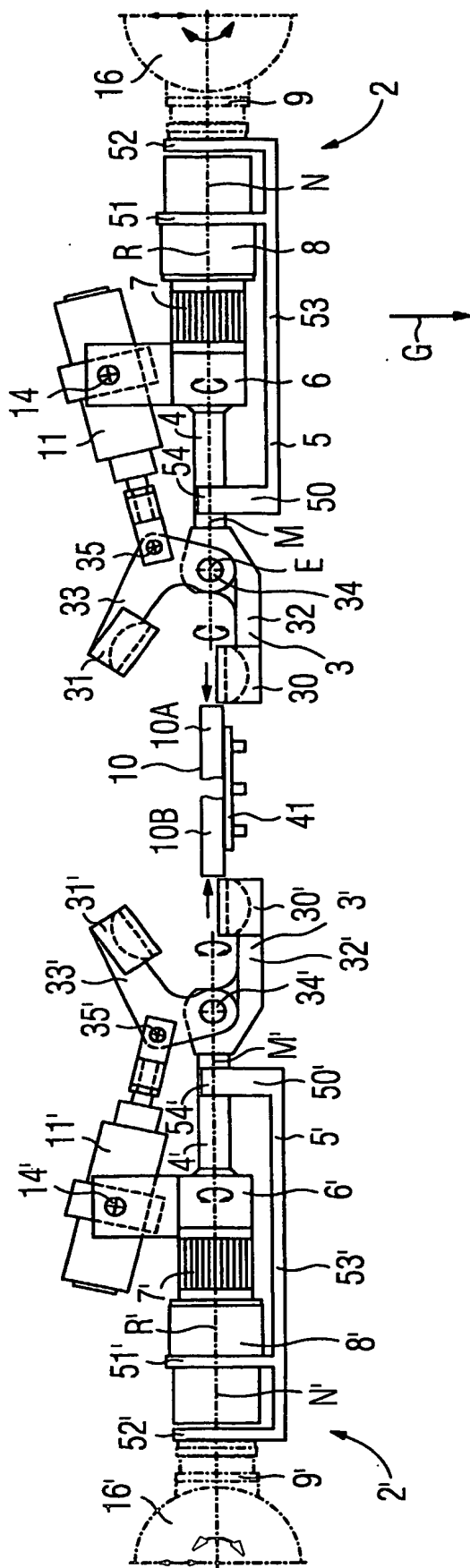


FIG 1

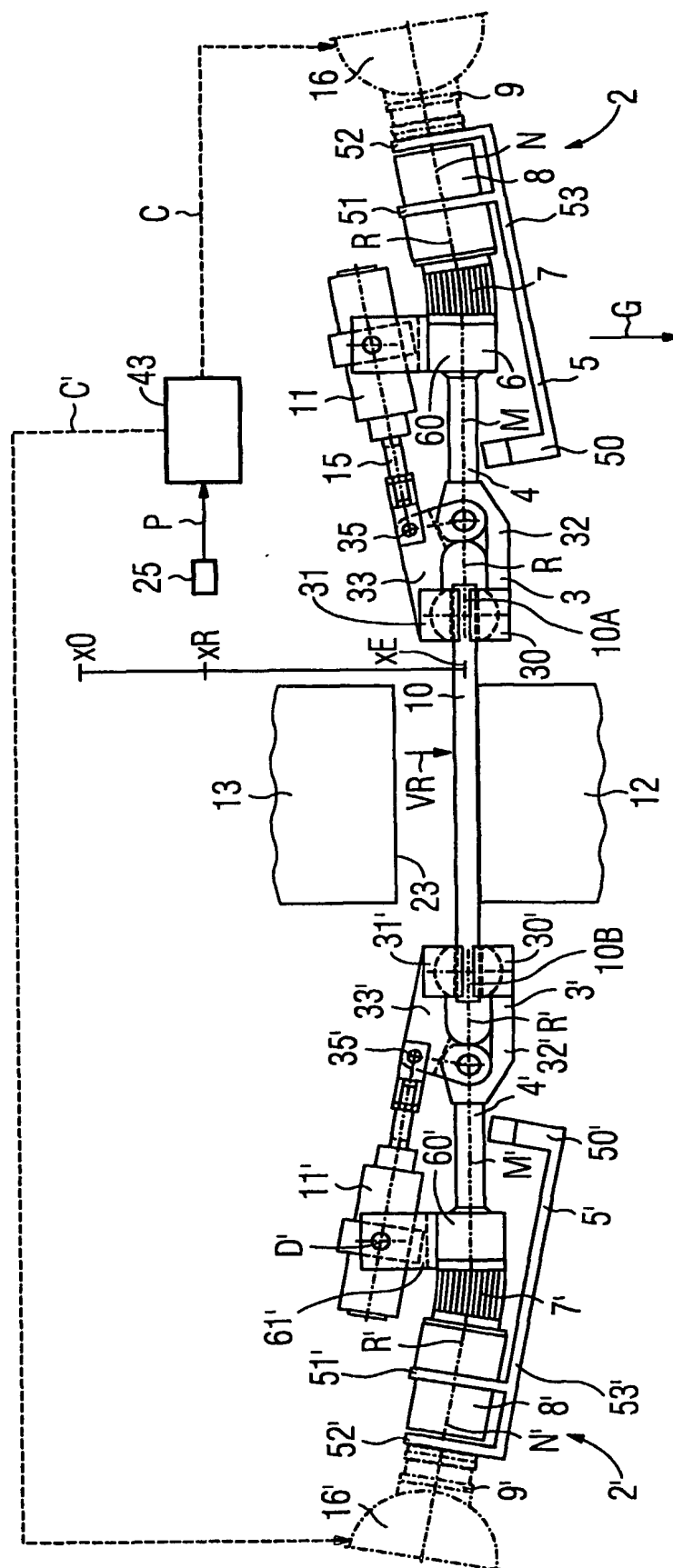


FIG 2

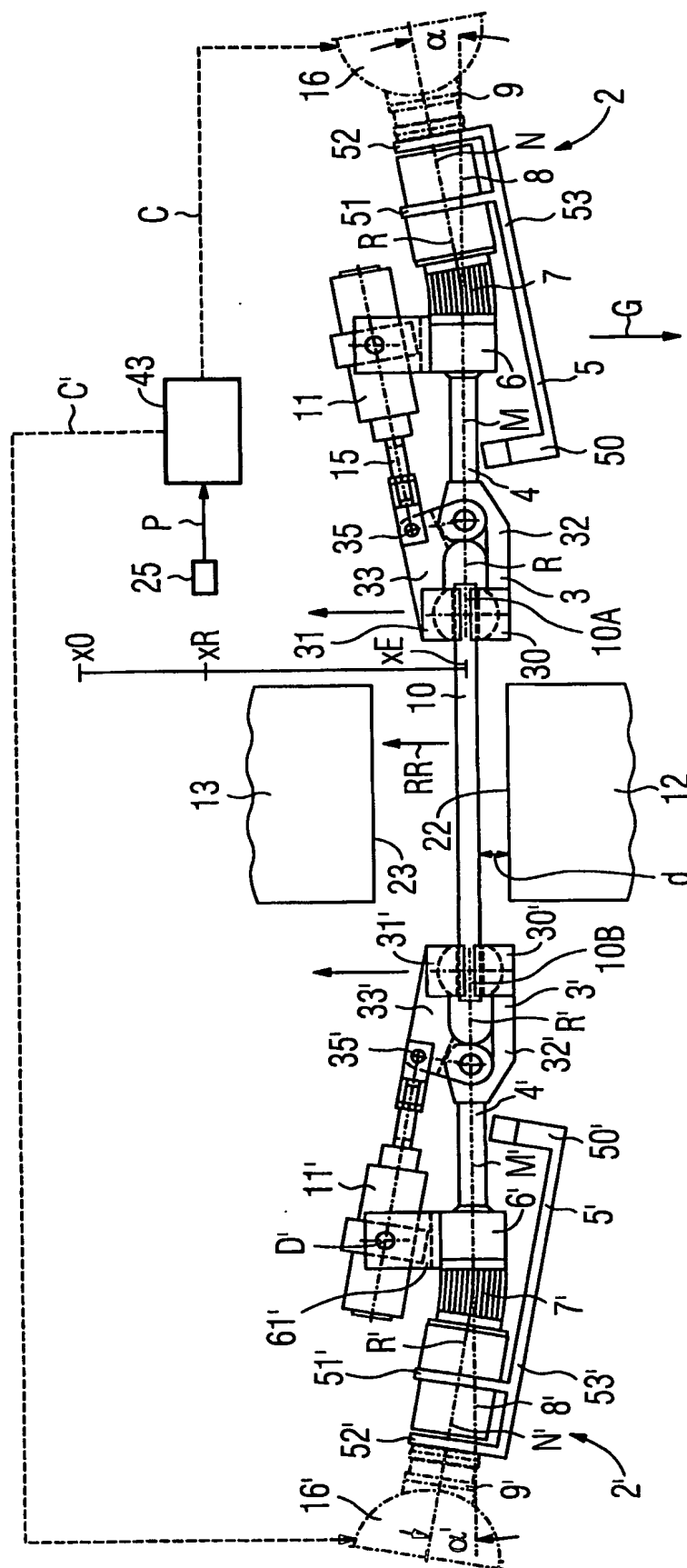
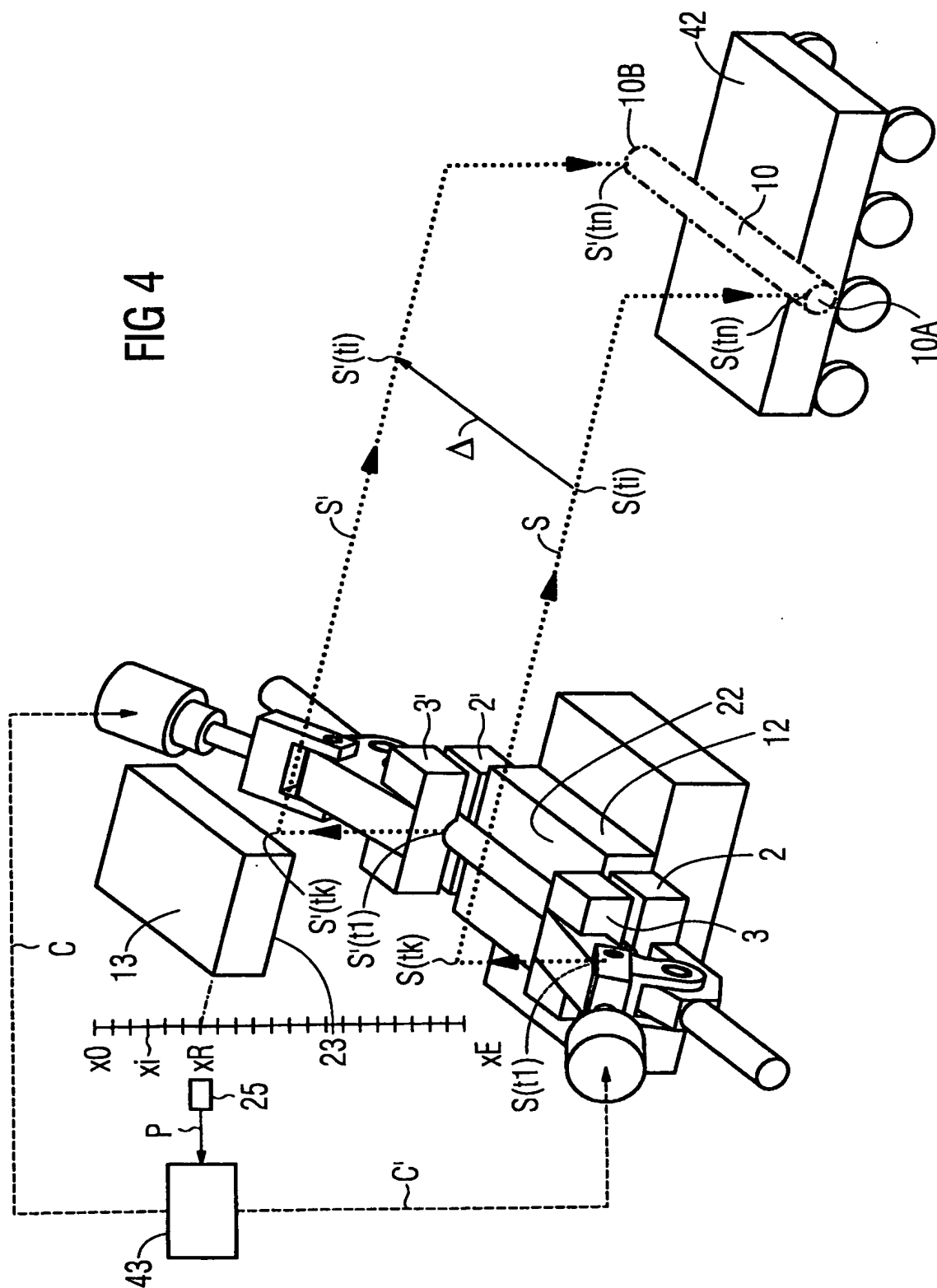


FIG 3

FIG 4



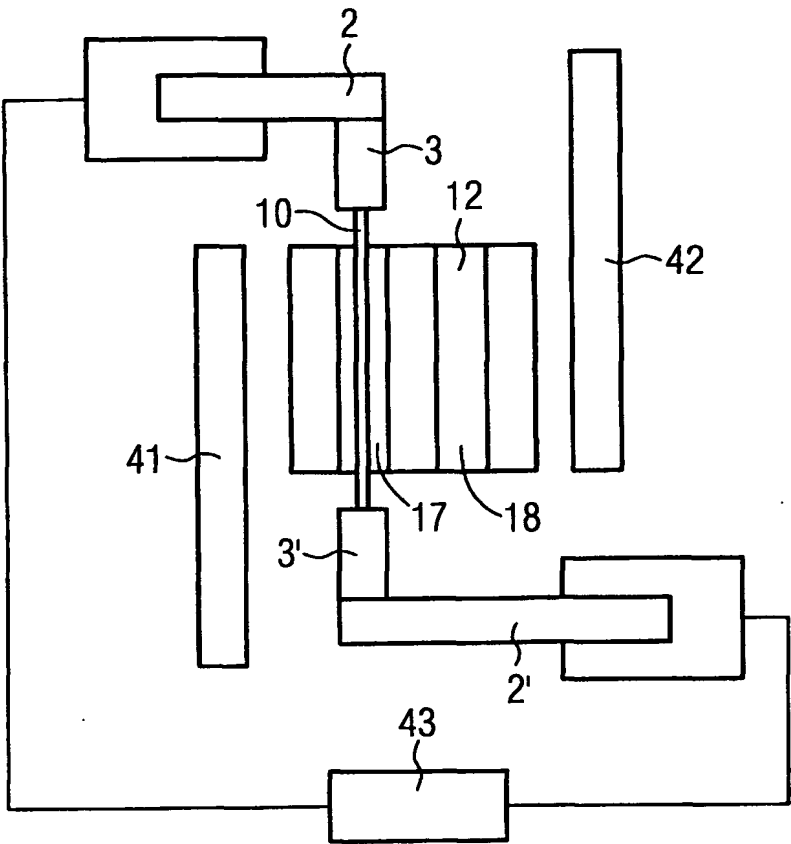


FIG 5